

Weshalb befasst sich die Landwirtschaft mit Bioenergie?

09. Mai 2014

Gerhard Breitschuh, Hans Eckert, Armin Vetter und Thorsten Breitschuh

Bioenergie als gespeicherte Sonnenenergie umfasst die Biomasse, die in fester, flüssiger oder gasförmiger Form energetisch genutzt wird. Durch diese Vielseitigkeit können Energieträger substituiert und damit knappe Ressourcen geschont werden. Stofflich umfasst Bioenergie

- Durchforstungs- und Waldrestholz zur energetischen Nutzung (derzeit dominierende Bioenergieform),
- Energiepflanzen (Ölfrüchte, Mais, Getreide, Grünland, Agrarholz etc.),
- organische Rest- bzw. Abfallstoffe unterschiedlichster Art und Herkunft (Gülle/Stallmist, Altholz, Bioabfall, Klärschlamm, Grünschnitt, tierische Abfälle).

Der Vorteil der Biomasse liegt in ihrer Erneuerbarkeit. Sie ist nicht unerschöpflich, aber nachwachsend und kann einen substantziellen Beitrag zur Energieversorgung leisten. 2012 betrug der Anteil der Biomasse am Primärenergieverbrauch Deutschlands 8,6 % (AGEB 2013, Tab.6). Das sind knapp 1200 Petajoule (PJ), entsprechend 28 Mio. t Heizöl, die unter Abzug der Prozessenergie zu einer CO₂-Minderung von knapp 70 Mio. t CO₂- Äquivalenten (CO₂-Äq) führten. Das entspricht 60 % der gesamten landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen Deutschlands.

Weitere Vorteile der Bioenergie sind:

- Ressourcenschonung durch Substitution fossiler Rohstoffe,
- Reduzierung der Importabhängigkeit von Energierohstoffen,
- CO₂-Vermeidung, die sich aus der Menge der eingesparten fossilen Energieträger, abzüglich der Emissionen zur Bioenergieherstellung ergibt,
- sinnvolle Flächennutzungsalternative zur Flächenstilllegung,
- Etablierung neuer und attraktiver Arbeitsplätze im ländlichen Raum; 2012 waren im Bereich Bioenergienutzung 128.000 Menschen tätig (BBA 2014),
- verbesserte wirtschaftliche Lage der Landwirtschaftsbetriebe durch neue Einnahmequelle und erhöhte Flexibilität,
- Vielseitigkeit (Biomasse ersetzt flüssige, feste und gasförmige Energieträger),
- Speicherfähigkeit bei geringen Kosten und niedrigen Speicherverlusten,
- bei Verstromung grund- und spitzenlastfähig und damit Lieferung von Ausgleichsenergie zur unstillen Energieerzeugung durch Photovoltaik und Wind,
- erhöhte Biodiversität im Agrarraum durch andere Kulturpflanzen (z.B. Hirse, Silphie, Knöterich, Pappeln, Weiden).

Aufgrund dieser Vorteile ist die energetische Nutzung der Biomasse nicht nur in Deutschland, sondern auch in der EU ein erklärtes Ziel, das vor allem umwelt- und klimapolitisch motiviert ist. Mit dem Erneuerbaren Energiegesetz (EEG), dem Biokraftstoffquotengesetz und durch das Marktanreizprogramm wurden die förderpolitischen Voraussetzungen geschaffen, um die Bioenergie in der Praxis umzusetzen. Derzeit ist die Biomasse mit einem Anteil von über 60 % die dominierende Komponente unter den erneuerbaren Energien und deckte 2012 rund 7 % des Stromverbrauchs, 9 % des Wärmeverbrauchs und 6 % des Kraftstoffverbrauchs ab (AEE 2012).

Dennoch ist die Bioenergie Gegenstand kontroverser Diskussionen, besonders seitdem Mais, Raps und Getreide auch zur energetischen Verwendung angebaut werden.

In der Kritik stehen insbesondere die

- Flächenkonkurrenz zu Nahrungsmitteln,
- Klimaschädigung durch direkte (dLUC) und indirekte (iLUC) Landnutzungsänderungen,
- Zunahme des Hungers in Entwicklungsländern,
- Vermaischung der Landschaft,
- erhöhten Treibhausgas (THG)-Emissionen,
- erhöhten Umweltrisiken (Nähr- und Schadstoffeinträge).

Nachfolgend werden die Kritikpunkte kommentiert.

1. Können Energiepflanzen zum Flächenkonkurrenten für Nahrungsmittel werden?

Natürlich konkurriert die energetische Verwertung mit allen anderen Nutzungsarten von Biomasse. Die wichtigste Funktion der Biomasseerzeugung ist aber die Nutzung als Nahrungsmittel, die auch immer Vorrang vor der Energieproduktion haben wird. Dass Energiepflanzen in Deutschland das Nahrungsmittelangebot negativ beeinflussen, trifft nicht zu, weil

- derzeit in Europa ein Überangebot an Nahrungsmitteln besteht, das zu Flächenstilllegungen bzw. zur vermehrten Etablierung ökologischer Vorrangflächen führt.
- sich in Deutschland der Flächenbedarf für Ernährungs- und Futterzwecke durch eine abnehmende Bevölkerung stetig vermindert (ZEDDIES et al. 2013), sodass sich bis zum Jahr 2050 die Energiepflanzenfläche auf 4 Mio. ha verdoppeln könnte (BMELV 2013),
- die meisten Energiepflanzen zugleich Nahrungs- und Futterpflanzen sind, die alternativ Nutz- oder Nahrungsenergie liefern können (BMELV 2013),
- bei der Herstellung von Biokraftstoffen (Biodiesel, Ethanol) beträchtliche Mengen an Futtermitteln (Rapsschrot, Getreideschlempe) anfallen, die flächenentlastend wirken und überdies wesentliche Futtereisweißimporte (Soja) ablösen,
- durch künftig verstärkte energetische Nutzung von Rest- und Koppelprodukten die Bioenergieerzeugung zunehmend flächenunabhängiger wird.

2. Kann die heimische Produktion von Biokraftstoffen Regenwälder vernichten?

Vor allem der Biokraftstoffproduktion wird eine zunehmende Zerstörung von Naturräumen, wie z.B. des Regenwaldes angelastet, weil zur Deckung des heimischen Pflanzenölbedarfs vermeintlich große Mengen preiswerter Öle (Sojaöl, Palmöl) importiert werden. Während Sojaöl als Nebenprodukt bei der Ausweitung des Sojaanbaus für die Eiweißversorgung weltweit wachsender Tierbestände anfällt, werden für neue Palmölplantagen Urwälder gerodet bzw. brachgefallene Flächen wieder in Produktion genommen (GREENPEACE 2006). Solche Landnutzungsänderungen sind mit erheblichen CO₂-Emissionen verbunden, die der Klimabilanz heimischer Biokraftstoffe, die indirekt als Auslöser der vermehrten Importe und Landnutzungsänderungen gelten, angelastet werden (iLUC-Faktor (REIMERS 2011)). Das ist insofern von Bedeutung, als gemäß der europäischen Richtlinie für erneuerbare Energien (RED) alle in Deutschland vertriebenen Biokraftstoffe mindestens 35 % THG-Einsparung gegenüber fossilen Treibstoffen nachweisen müssen. Wird diese vorgeschriebene Mindesteinsparung nicht erreicht, können die Biokraftstoffe nicht auf die EU-Quote angerechnet werden und sind praktisch unverkäuflich. Ab 2017 wird die RED-Anforderung auf 60 % THG-Einsparung erhöht. Addiert sich hier ein iLUC-Faktor hinzu, der in einer Größenordnung zwischen 20 bis 260 % der Prozess-Emissionen (Anbau und Herstellung)

schwankt (Umweltinstitut 2012), kann dies für die Biokraftstoffproduktion existenzbedrohend werden (REIMERS 2011).

In Deutschland aber wird Biodiesel fast ausschließlich aus Rapsöl hergestellt. Palmöl spielt keine Rolle, weil dessen Fettsäuremuster (hoher Anteil gesättigter Fettsäuren) bewirkt, dass daraus hergestellter Biodiesel unterhalb von 5° C fest wird und daher keine Eignung für diese Breiten besitzt. Aber auch weltweit werden nur ca. 5 % der Palmölernte energetisch genutzt (BMELV 2013). Verantwortlich für den Verlust an Regenwald ist somit nicht die Bioenergie, sondern die Nachfrage nach billigem Pflanzenöl und Futtermitteln (BMELV 2013). Es ist also zu prüfen, ob ein willkürlich gesetzter iLUC-Faktor berechtigt ist, zumal die ab 2009 geltenden Nachhaltigkeitsvorschriften ohnehin fordern, dass beim Vertrieb von Biokraftstoffen oder der Stromerzeugung aus flüssiger Biomasse über Nachhaltigkeitsnachweise zu belegen ist, dass der Anbau der Energiepflanzen nicht auf Flächen mit ehemals hohem Naturschutzwert und Humusgehalt (z.B. gerodetem Regenwald) erfolgte.

3. Führt Bioenergie zur Zunahme des Hungers in Entwicklungsländern?

Das Problem Hunger und Bioenergie wird vielfach auf die Konkurrenzbeziehung zwischen Nahrungs- und Energiepflanzen reduziert. Es wird argumentiert, dass die durch Bioenergie verknüpften Nahrungsmittel vermehrte Importe aus der Dritten Welt zur Folge haben, die dort entweder die Versorgung gefährden oder zu Umweltkonflikten (z.B. Entwaldung) führen (GRAEFE z. BARINGDORF 2007, Umweltinstitut 2012). Dem steht entgegen, dass gerade in der Dritten Welt aus unterschiedlichen Gründen (Krieg, Armut, Korruption) Millionen Hektar Ackerland brachliegen. Solche Flächen verfallen dem Landgrabbing, mit dem ausländische Investoren bis 2009 bereits 50 Mio. ha Ackerland, davon 70 % aus Afrika, unter ihre Kontrolle gebracht haben (Dritte Welt 2014).

Natürlich kann Bioenergie auch zu Preissteigerungen von Biomasse führen, die aber in der Regel die Einkommenssituation der Bauern in Entwicklungsländern verbessert. Andererseits haben Exporte subventionierter Nahrungsmittel in die Dritte Welt die dortigen landwirtschaftlichen Strukturen durch Preisverfall bei Lebensmitteln destabilisiert (BReg 2013) und müssen auch nach Abschaffung der Subventionen beobachtet werden. Im Übrigen haben Hunger und Armut in der Regel viele Ursachen und erfordern dementsprechend ein differenziertes Herangehen. Neben Krieg und Korruption (Dritte Welt 2014) verschärfen auch teure Rohölimporte die Verschuldung. Nach SCHEER (2005) haben viele Entwicklungsländer ein Bruttosozialprodukt je Einwohner, das bei etwa 5 % eines OECD-Staates liegt. Sie müssen aber die gleichen Importpreise für Öl bezahlen. Hinzu kommt eine vorwiegend zentrale Energieversorgung, die die Großstädte beliefert, aber den ländlichen Raum abkoppelt, zweifellos einer der Gründe für die anhaltende Landflucht in die Slums der Großstädte. Hier kann der Einstieg in die Bioenergie die Chance zur Trendwende sein. Sie verschafft den Landwirten ein zweites Standbein und eine neue Einnahmequelle als Energielieferant, womit z.T. eine kostengünstige dezentrale Energieversorgung gewährleistet wird, die der Entwicklung des ländlichen Raums dient und dessen Existenz sichert (SCHEER 2005, BReg 2013).

Das wäre z.B. ein erster Schritt in die richtige Richtung. Der Hunger in der Dritten Welt ist nicht durch ständige Nahrungsmittellieferungen zu beseitigen. Das destabilisiert die dortige Landwirtschaft, begünstigt die Korruption und kann sich zu einem „Fass ohne Boden“ ausweiten. Aussichtsreicher, wenn auch sicherlich teurer, ist das Programm Hilfe zur Selbsthilfe, indem in einem längeren Prozess die Landwirte der Dritten Welt befähigt werden, die eigene Bevölkerung zu ernähren.

4. Führt Bioenergie zu Monokulturen?

Bioenergie führt nicht zwangsläufig zu Monokulturen. Die Sorge vor Landschaftsverödung durch Monotonie wird durch den Begriff „Vermaisung“ ausgedrückt. Der Maisanteil der Ackerfläche stieg in den vergangenen Jahren von knapp 14 % (2001) auf 23 % (2012) (Maiskomitee 2013). Das betrifft insbesondere den Energiemais, dessen hohe Produktivität für die Biogaserzeugung Vorteile bietet. Allerdings sollte bei einem mittleren Flächenanteil von 23 % noch nicht von Vermaisung der Landschaft gesprochen werden. Kritik ist aber für jene Landkreise berechtigt, in denen der Maisanbau mehr als 35 % der Ackerfläche belegt. Hier wurden mit der EEG-Novelle 2009, die große Biogasanlagen in viehstarken Regionen begünstigte, offensichtlich falsche Anreize gesetzt. Dagegen blieben in Gebieten mit geringem Tierbesatz, wie z.B. in Ostdeutschland, die Auswirkungen der Novelle problemlos. Im Gegenteil, der auf etwa 12 % der Ackerfläche gestiegene Maisanbau bewirkte eine Auflockerung der getreidebetonten Fruchtfolgen. Mit der im EEG 2012 geänderten Vergütung entstanden einerseits große Biomethananlagen, andererseits kleine, angepasste BGA zwischen 75 und 380 kW_{elektr.}, darunter viele nach EEG 2009 genehmigte aber nicht realisierte 500 kW-BGA, die entsprechend umgeplant wurden.

5. Wie hoch ist die CO₂-Minderung durch Bioenergie?

Die Substitution von fossilen Energieträgern durch Bioenergie ist generell mit einer erheblichen CO₂-Emissionsminderung verbunden, weil das bei der energetischen Verwertung der Biomasse emittierte CO₂ vorher durch die Photosynthese der Atmosphäre entzogen worden ist. Zusätzliche Emissionen entstehen aber durch Anbau, Verarbeitung und Aufbereitung der Biomasse. Hier sind es neben Transportprozessen vor allem die Lachgasemissionen der N-Düngung, deren starke Klimawirksamkeit von 300 (CO₂=1) die THG-Bilanz maßgeblich beeinflusst.

Die THG-Minderung durch Biomasse wird als prozentualer Anteil der Netto-CO₂-Vermeidung ausgedrückt und berechnet sich nach

$$\text{Minderung THG (\%)} = \frac{(F-P)}{F} \times 100$$

F = Treibhausgas-Emission des substituierten Fossilbrennstoffs [kg CO₂-Äq/GJ Fossilbrennstoff]

P = Prozessemission der Bioenergie [kg CO₂-Äq/GJ erzeugte Bioenergie] (ISCC 2010)

Die Kenngröße ist abhängig von vielen Faktoren, vor allem von der Verarbeitungslinie (fest, flüssig, gasförmig), der Effektivität des Anbauverfahrens und der Nutzung von Nebenprodukten. Sie schwankt für die Flüssiglinie (Biokraftstoffe) um Beträge zwischen 40 und 60 % und für die Feststofflinie (thermische Verwertung) um 80 %. Eine wesentlich höhere Effektivität ist bei der Wärmeerzeugung durch biogene Rest- und Koppelprodukte (z.B. Stroh) zu erzielen, weil hier die Prozessemission (Faktor P in obiger Formel) gegen Null geht. Ähnliches gilt für Biogasanlagen auf der Basis von Rest- und Koppelprodukten, sofern die anfallende Wärme fossile Energieträger substituiert.

Die Höhe der Prozessemissionen kann durch Landnutzungsänderungen beeinflusst werden z.B. bei Grünlandumbruch mit nachfolgendem Anbau von Energiepflanzen. Die dabei ablaufende Humusoxidation bewirkt eine erhebliche CO₂-Emission, die als Malusfaktor die Prozessemission erhöht (direkte Landnutzungsänderung).

6. Wie ist die Umweltverträglichkeit von Bioenergie zu bewerten?

Es gibt grundsätzlich keinen Unterschied zum Anbau von Nahrungs- und Futterpflanzen. Hier wie dort müssen Maßnahmen ergriffen werden, um bewirtschaftungsbedingte

Umweltrisiken zu erkennen und zu vermindern (vgl. AF Umweltverträglichkeit 2013). Allerdings können bei Energiepflanzen oftmals qualitätsbestimmende Dünge- und Pflanzenschutzmittelgaben entfallen, sodass das Risikopotential des energetischen Biomasseanbaues als etwas geringer eingeschätzt werden kann. Hinzu kommt, dass die Biogaserzeugung aus Wirtschaftsdünger freie Methanpotentiale nutzt und Geruchsemissionen reduziert. Hinsichtlich Nachhaltigkeit ist Bioenergie ohnehin durch Ressourceneinsparung und THG-Minderung positiv zu bewerten. Biodiversität und Landschaftsbild können durch Energiepflanzen sowohl positiv, z.B. in Marktfruchtregionen, als auch negativ, z.B. in Veredelungsregionen beeinflusst werden. Wenn Biomasse energetisch genutzt wird, ist gemäß Nachhaltigkeitsverordnungen seit 1. Januar 2011 zu zertifizieren, dass die Herstellung der Pflanzenöle und anderer Biokraftstoffe nicht mit Umweltkonflikten wie Entwaldung oder Trockenlegung von Feuchtgebieten etc. in Zusammenhang zu bringen ist.

7. Was sind biogene Rest- und Abfallstoffe und welche Rolle kommt ihnen zu?

Biogene Rest- und Abfallstoffe bilden eine breitgefächerte Gruppe. Sie umfasst

- Altholz,
- biogene Haushaltsabfälle, Gewerbe- und Industrieabfälle,
- Erntereste (Stroh, Rübenblatt),
- Landschaftspflegematerial, Spätschnitte vom Gras,
- tierische Exkremete (Gülle, Mist) etc.

Das Energiepotential dieser Gruppe wird bei großer Bandbreite auf max. 550 PJ (BMU 2011) bis 700 PJ (BAUR 2010) geschätzt und muss primär den Bedarf einer ausgeglichenen Humusbilanz berücksichtigen (vgl. AF Humus 2013). Das nach Ausgleich der Humusbilanz verbleibende Potential ist derzeit aus wirtschaftlichen Gründen nur unzureichend erschlossen. Das wird sich ändern. Die anhaltenden Diskussionen zum Flächenverbrauch von Energiepflanzen haben bei allen Vorbehalten zumindest eine Sensibilisierung dahingehend erreicht, dass die Fläche als das wahrgenommen wird, was sie immer war: ein knappes Gut (BAUR 2010). Mit dieser Erkenntnis gewinnen einerseits biogene Rest- und Koppelprodukte und andererseits flächeneffiziente Nutzungskonzepte an Bedeutung. Auch das erfordert ein Umdenken von der Entsorgung von Rest- und Koppelprodukten zur energetischen Verwertung im Sinne einer Kaskadennutzung, die einen nachwachsenden Rohstoff wiederholt stofflich und letztlich noch energetisch nutzt (BAUR 2010).

8. Wie geht es weiter mit Wärme, Biogas und Biokraftstoffen?

Wärme: Wärme wird durch Verbrennung von Biomasse unterschiedlichster Herkunft (meist Holz) in Biomassekesseln und -heizwerken mit einer Kapazität zwischen 15 kW und 50 MW erzeugt, wobei größere Anlagen meist als Kraft-Wärme-Kopplung ausgelegt sind. Die Wärmeerzeugung wird über das Marktanreizprogramm der BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) gefördert. Das Potential beziffert die AEE (2012) auf 127 Mrd. kWh (=455 PJ). THRÄN et al. (2012) erwarten für 2020 einen Anstieg auf 966 PJ, wobei der Anteil landwirtschaftlicher Biomasse auf 38 % steigt.

Biogas: Seit Inkrafttreten des ersten EEG (2004) sind in Deutschland etwa 8000 Biogasanlagen (BGA) entstanden, die vorrangig organische Dünger verwerten. Die Bonusregelung des EEG 2009 führte in den Jahren 2009 bis 2011 zu einem starken Zubau insbesondere von Anlagen, die Energiepflanzen verwerten. Mit dem EEG 2012 wurden die Vergütungssätze nach den eingesetzten Substraten differenziert und vor allem für kleinere

Anlagen deutlich gesenkt. In der Folge ging der Zubau an BGA drastisch zurück. Die wenigen noch verbliebenen Investitionen erfolgten zum Teil in große Anlagen (>500 kW) und Biomethan-Einspeisanlagen, die den regional ver- und entsorgbaren Rahmen deutlich übersteigen, in der Regel nicht von den ortsansässigen Landwirten betrieben werden und häufig zu regional übermäßig hohen Maiskonzentrationen führen. Mit der Novellierung des EEG 2014 ist kaum noch mit dem Neubau von Biogasanlagen zu rechnen.

Biogasanlagen zeigen Analogien zur Tierhaltung, d.h. die Anlage muss von der verfügbaren Fläche versorgt und die Biogasgülle verwertet werden können. Flächenbedarf und Nährstoffanfall von einer GV entsprechen einer installierten Kapazität von 1 kW_{elektr} auf Energiepflanzenbasis, sodass die Kombination von Tierbesatz (GV/ha) und BGA-Kapazität auf Energiepflanzenbasis (kW/ha) zum sog. Veredlungsbesatz addiert werden können. Die Summe sollte einen umweltverträglich und nachhaltig akzeptablen Wert von 1,5 Veredlungseinheiten je ha LF nicht überschreiten.

Biokraftstoffe: Trotz schwieriger Rahmenbedingungen haben sich die Biokraftstoffe (Biodiesel und Bioethanol) am Markt behauptet. 2012 lag der Anteil mit 3,7 Mio. t geringfügig über dem des Vorjahrs (AEE 2013). Seit 2009 wird die Nachhaltigkeitszertifizierung umgesetzt und ab 2015 die deutsche Quote für Biokraftstoffe an der Minderung des THG-Ausstoßes bemessen.

Pflanzen zur Erzeugung von Biokraftstoffen wurden im vergangenen Jahr auf knapp 1 Mio. ha angebaut, davon 80 % Raps für Biodiesel (FNR 2013). Die zur Kraftstoffgewinnung genutzten Pflanzen (Raps, Getreide, Körnermais) enthalten neben den energetisch interessanten Inhaltsstoffen auch beträchtliche Anteile von wertvollem Futtereisweiß, die je ha Energiepflanzen einer Sojaanbaufläche von 0,7 ha entsprechen (BREITSCHUH 2014).

Ausblick

Die Bioenergie hat sich zu einem Wirtschaftszweig entwickelt, dem neben der Biomasseproduktion auch die Verarbeitung zu handelsüblichen Energieträgern obliegt. Mittlerweile erwirtschaftet die Bioenergie einen jährlichen Gesamtumsatz von über 12 Mrd. Euro und beschäftigt 128.000 Menschen in Deutschland (BBA 2014). Das ist nicht nur für die Landwirtschaft, sondern auch für den gesamten ländlichen Raum von entscheidender Bedeutung. Das umso mehr, als sich Biomasse zunehmend auch zum Grundstofflieferanten für die chemische Industrie, eng verzahnt mit der energetischen Nutzung, entwickeln wird. Bioenergie versteht sich als Brückentechnologie für die nächsten 20 bis 30 Jahre. Längerfristig wird nur die energetische Nutzung von Reststoffen und Nebenprodukten Bestand behalten.

Bioenergie hilft heute, die unetige Erzeugung von Wind- und Solar-Strom auszugleichen und stellt neben den Pumpspeicherkraftwerken die derzeit einzige wirtschaftlich relevante Speichertechnologie der erneuerbaren Energien dar. Erst mit zunehmender Leistungsfähigkeit der Energiegewinnung und –speicherung aus Wind, Wasser und Sonne kann der Energiepflanzenanbau zurückgehen. Gleichzeitig wird aber der Industriepflanzenanbau als Ersatz für die schwindenden petrochemischen Quellen steigen. Dabei dürften die Industriepflanzen mindestens den Flächenbedarf des aktuellen Energiepflanzenanbaues beanspruchen. Diese Funktion der Rohstoffgewinnung wird zunehmende Forderungen an das Flächen- und Ertragspotential stellen. Dem ist mit der erforderlichen Wirksamkeit aber nur zu entsprechen, wenn alle Maßnahmen ergriffen werden, um die Erträge zu steigern und den Entzug von Fläche aus der landwirtschaftlichen Nutzung strikt zu reduzieren.

Dieses Brückenkonzept erscheint realistischer als die von der Leopoldina (2012) vorgelegten Empfehlungen, den Anbau von Energiepflanzen aus Gründen möglicher Nahrungsmittelverknappung generell abzulehnen.

Literatur

- AEE (2012): <http://www.unendlich-viel-energie.de/themen/waerme/anteile-der-bioenergie-an-der-strom-waerme-und-kraftstoffproduktion-2012>
- AF (2013): AgrarFakten Umweltverträglichkeit. www.AgrarFakten.de
- AF (2013): AgrarFakten Treibhausgase. www.AgrarFakten.de
- AF (2013): AgrarFakten Humus): www.AgrarFakten.de
- AGEB (2013): www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/Daten_EE/D... ·Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die BR Deutschland (Juli 2013)
- BAUR, F. (2010): Effiziente Nutzung von Biomasse – Reststoffe, Nutzungskonkurrenzen und Kaskadennutzung. Themen 2010. www.fvee.de/fileadmin/.../Themenhefte/th2010-2/th2010_12_01.pdf
- BBA (2014): Bundesverband BioEnergie e.V.
- Beirat (2011): Berichte über Landwirtschaft, Bd.89 (2), S. 215. Beirat (2011), Dezember 2011
- BMELV (2013): Der volle Durchblick in Sachen Bioenergie. http://energieberatung.ibs-hlk.de/planbio_brennst.htm
- BMU (2011): Bioenergie:Kurzüberblick zur Biomassenutzung in Deutschland
- BReg (2013): Bioenergie und Biokraftstoffe:
http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/Fragen-Antworten/3_ErneuerbareEnergie/2012-11-05-ErneuerbareEnergien-bioenergie-biokraftstoffe.html
- BREITSCHUH (2014) Bioenergie in einer zukunftsfähigen Landwirtschaft (Vortrag zum 18. Brandenburger Düngetag am 28.01.2014 in Prenzlau)
- Dritte Welt (2014): <http://www.castelligasse.at/Politik/Dritte%20Welt/dritte%20welt.htm>
- FNR (2013): Basisdaten Bioenergie. www.fnr.de/presse/.../2013/october/.../basisdaten-bioenergie-2013/?...
- GREENPEACE (2006): Bioenergie-Fluch oder Segen?
<https://www.google.de/#q=Greenpeace+2006+bioenergie>
- GRAEFE zu BARINGDORF (2007): Münchner Stadtgespräche, Nr.44, 04/2007
- ISCC 205 (2010): Berechnungsmethodik der THG-Emissionen und THG-Audit.
http://www.isccsystem.org/uploads/media/ISCC205BerechnungsmethodikderTHGEmissionenundTHG-Audit_V16.pdf
- Leopoldina (2012): Bioenergie. Möglichkeiten und Grenzen. Empfehlungen. Hrsg: Leopoldina Halle
- Maiskomitee (2013):
<http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland>
- REIMERS, N. (2011): iLUC: Ein Thema für alle Bioenergien. Zuckerrübe 5/2011 (60. Jg)
- SCHEER, H. (2005): Einzige Chance für Entwicklungsländer.
www.hermannscheer.de/de/de/index.php?option=www.bundesregierung.de/Content/DE/Statistische.
www.bmelv.de/SharedDocs/Reden/2013/09.
- THRÄN, D., LENZ, V., BROSOVSKI, A., VIEHMANN, C. (2012): Potenziale der Wärmerzeugung aus Biomasse. Fachtagung Biomasse im EEWärmeG am 08.11.2012
- Umweltinstitut (2012):
<http://umweltinstitut.org/agrokraftstoffe/allgemeines/landnutzungsanderungen-995.html>.
- ZEDDIES, J., BAHRS,E., SCHÖNLEBER, N., EMPF, J.B., GAMER, W. (2013): Energiepflanzen-Rohstoffpotentiale in Deutschland und Europa. Univ. Hohenheim

ABKÜRZUNGEN

- AEE = Agentur erneuerbare Energien
BBP = Bruttobodenproduktion (ohne Rücksicht auf Art der Verwertung in GE)
BGA = Biogasanlage
EEG = Erneuerbare-Energien-Gesetz
FNR = Fachagentur nachwachsende Rohstoffe
GE = Getreideeinheit
GV = Großvieheinheit (500 kg Lebendmasse)
LF = Landwirtschaftliche Fläche
LUC = Land Use Change(Landnutzungsänderungen)
dLUC = direkte LUC (z.B. Grünlandumbruch mit anschließendem Energiepflanzenbau)
iLUC = indirekte LUC (z.B. Entwaldungsprozesse in einem Biomasse-exportierenden Drittweltland)
PJ = Petajoule (10^{15} J)
KUP = Kurzumtriebsplantagen
THG = Treibhausgase
RED = Richtlinie für erneuerbare Energien
KUL UND REPRO = Bewertungssysteme zur Umweltverträglichkeit der Landwirtschaft